



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 25 470 T2** 2006.02.02

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 064 234 B1**

(51) Int Cl.⁸: **C03C 4/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 25 470.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB99/00726**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 910 477.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/047464**

(86) PCT-Anmeldetag: **19.03.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **23.09.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.01.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.05.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.02.2006**

(30) Unionspriorität:
9805800 19.03.1998 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:
The University of Leeds, Leeds, GB

(72) Erfinder:
**JHA, Animesh, Leeds LS7 4NJ, GB; NAFTALY,
Mira, Leeds LS12 2HT, GB; SHEN, Shaoxiong,
Leeds LS 6 2EZ, GB**

(74) Vertreter:
**Mitscherlich & Partner, Patent- und
Rechtsanwälte, 80331 München**

(54) Bezeichnung: **ERBIUM-DOTIERTES, OPTISCHES GLAS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft ein mit Erbium dotiertes Tellurit- oder Germanat-Glas. Dieses mit Erbium dotierte optische Glas kann in einem optischen Verstärker oder Laser im dritten Telekommunikationsfenster verwendet werden.

[0002] Mit Erbium dotierte Faserverstärker, die für eine optische Verstärkung bei 1550 nm verwendet werden, sind bekannt. Solche Verstärker basieren üblicherweise auf zwei Arten von Glasgrundkristallen, wobei Quarz oder Fluorzirkonat mit Quarz bisher die üblichsten sind. Die Verwendung solcher Glasgrundkristalle ist in P. Wysocki et al., OFC 1997, Paper WF2; D. Bayart et al., IEEE Photon Technol letters 6 (1994), 615, und B. Clesca et al., IEEE Photon Technol letters 6 (1994), 509, offenbart.

[0003] Auf einem Quarz-Glasgrundkristall basierende Faserverstärker haben ein Verstärkungsprofil, das schnell mit der Wellenlänge variiert. Dies macht solche Faserverstärker zur Verwendung in Wellenlängenmultiplexern (WDM) ungeeignet, da solche Geräte in der Lage sein müssen, Signale bei vielen verschiedenen Wellenlängen mit gleichmäßiger Energie und ohne Verzerrung zu übertragen. Solche Faserverstärker können nur als Wellenlängenmultiplexer in Kombination mit komplexen Filtern benutzt werden, wie in P. Wysocki et al., OFC 1997, Paper PD2-1, beschrieben.

[0004] Auf Fluorzirkonat-Glasgrundkristallen (z.B. ZBLAN) basierende Faserverstärker haben ein glatteres Verstärkungsprofil als Verstärker auf einer Quarzglasbasis und sind zur Verwendung im Wellenlängenmultiplex geeignet. Fluorzirkonatglas ist jedoch schwierig und teuer herzustellen und ist anfällig gegen Umweltangriffe, insbesondere durch Feuchtigkeit. Auch können mit Erbium dotierte ZBLAN-Faserverstärker nicht bei 980 nm gepumpt werden.

[0005] Sowohl Quarzglas als auch Fluorzirkonat-Wirtsgläser nehmen nur eine geringe Erbiumionen-Konzentration (ein Paar 1000 ppm je Quantum) an, bevor eine Konzentrationsabschreckung die Verstärkung deutlich beeinflusst. Daher haben Faserverstärker basierend auf diesen Wirtsgläsern typischerweise Wellenlängen von mehreren Metern weshalb sie die Herstellung von optischen Planarwellenleiter-Verstärkern ausschließen.

[0006] Die EP 0 673 892 A2 offenbart ein Quarzglas mit Oxiden von Metallen. Solche Oxide verbreitern das Verstärkungsprofil und erhöhen auch die Konzentration des Dotierstoffes Erbium, das durch das Glas angenommen werden kann. Es ist jedoch eine weitere Erweiterung und Glättung des Emissionsquerschnitts erwünscht.

[0007] Gemäß der Erfindung ist ein mit Erbium dotiertes Tellurit- oder Germanat-Glas vorgesehen, mit

- (a) einem Wirtsglas mit GeO_2 oder TeO_2 ;
- (b) einer effektiven Menge eines Erbium-Dotierstoffes;
- (c) einem das Netz modifizierenden Metalloxyd; und
- (d) weiteren Bestandteilen, wobei die Mengen von (a), (b), (c) und (d) insgesamt 100% ergeben.

[0008] Ein solches Tellurit- oder Germanat-Glas hat einen großen Emissionsquerschnitt und eine breite Emissionsspitze bei etwa 1,55 μm . Dies ermöglicht eine(n) Breitbandverstärkung und -betrieb. Es hat auch ausgezeichnete Faserzieheigenschaften.

[0009] Vorzugsweise liegt die Konzentration des GeO_2 oder TeO_2 im Bereich von 50 bis 80 Mol-%. Dies resultiert in einem stabilen Glas.

[0010] Das Oxid eines Metalls weist ein Oxid wenigstens eines Stoffes von Barium, Wismuth, Blei, Zink, Gallium, Lanthan, Niobium, Wolfram, Tantal, Vanadium und Mischungen davon auf.

[0011] Diese Oxide wirken zum Aufbrechen des gleichmäßigen Netzes des Glases, um verschiedene Stellen für den Erbium-Dotierstoff zu erzeugen, erhöhen den Brechungsindex und die Löslichkeit des Erbium-Dotierstoffes.

[0012] Das Einschließen solcher Oxide in das Glas der Erfindung resultiert in einem Glas mit einem großen Brechungsindex der Größenordnung von 1,7 oder höher bei einer Wellenlänge der Natriumlinie von 589 nm. Dies verursacht wiederum einen relativ großen Emissionsquerschnitt, welcher bei der Herstellung kurzer Faserverstärker und planarer optischer Vorrichtungen wichtig ist und die Herstellung von linearen Breitband-Verstärkern ermöglicht.

[0013] Das Oxid eines Metalls enthält wenigstens eines, das ausgewählt ist aus der Gruppe BaO, Bi₂O₃, PbO, ZnO, Ga₂O₃, La₂O₃, Li₂O, BiO, Nb₂O₅, WO₃, Ta₂O₅, V₂O₅ und Mischungen davon. Solche Oxide sind beim Verbreitern des Emissionsquerschnitts besonders effektiv.

[0014] Das optische Tellurit- oder Germanat-Glas gemäß der Erfindung weist ferner wenigstens eine Komponente von Na₂O oder K₂O und Mischungen davon auf, deren Konzentration vorzugsweise im Bereich von Spuren bis zu 20 Mol-% liegt.

[0015] Das optische Tellurit- oder Germanat-Glas gemäß der Erfindung weist ferner ein Metallhalogenid auf, das ausgewählt ist aus der Gruppe mit BaCl₂, PbCl₂, PbF₃, LaF₃, ZnF₂, BaF₂, NaF, NaCl, LiF und Mischungen davon.

[0016] Die Konzentration des Metallhalogenids kann im Bereich von Spuren bis zu 20 Mol-% liegen.

[0017] Die Konzentration des Erbium-Dotierstoffes in dem optischen Tellurit- oder Germanat-Glas kann im Bereich von 0,01 bis 5 Mol-% liegen.

[0018] Vorzugsweise hat das optische Tellurit- oder Germanat-Glas einen Emissionsquerschnitt größer als $7 \times 10^{-21} \text{ cm}^2$ bei einer Wellenlänge von 1530 nm, vorzugsweise größer als $8 \times 10^{-21} \text{ cm}^2$ bei einer Wellenlänge von 1530 nm.

[0019] Vorzugsweise hat das optische Tellurit- oder Germanat-Glas eine Spitze im Emissionsquerschnitt im Bereich von 1450 bis 1650 nm, wobei die Emissionsspitze eine Peak-Halbwertsbreite von wenigstens 60 nm, bevorzugt wenigstens 70 nm, bevorzugter wenigstens 80 nm, bevorzugter wenigstens 90 nm aufweist.

[0020] Vorzugsweise hat das optische Tellurit- oder Germanat-Glas einen Brechungsindex von wenigstens 1,7, bevorzugter von wenigstens 1,8 bei der Natriumlinie von 589 nm.

[0021] Die vorliegende Erfindung wird nun beispielhaft, aber nicht in einem einschränkenden Sinn unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren und Tabellen beschrieben. Darin zeigen:

[0022] [Fig. 1](#) ein Energieniveau-Teildiagramm von Er³⁺;

[0023] [Fig. 2](#) ein Emissionsquerschnittsspektrum von Erbium in mehreren Gläsern;

[0024] Tabelle 1 Beispiele von mit Erbium dotierten Tellurit- und Germanat-Glaszusammensetzungen gemäß der Erfindung (die Tellurit- und Germanat-Glaszusammensetzungen werden gemeinsam als Schwermetalloxid (HMO) – Gläser bezeichnet); und

[0025] Tabelle 2 Lebensdauern und Emissionsquerschnitte für die in Tabelle 1 gelisteten Glaszusammensetzungen.

[0026] In [Fig. 1](#) ist ein Energieniveau-Teildiagramm von Er³⁺ gezeigt. Mit Erbium dotierte Faserverstärker nutzen den Übergang ⁴I_{13/2}–⁴I_{15/2} von Er³⁺, um eine Verstärkung bei 1,5 µm zu erzielen. Zwei Pumpkonfigurationen stehen zur Verfügung. Das Pumpen bei 980 nm befördert die Ionen auf das Niveau ⁴I_{11/2}, von dem sie nicht-strahlend auf das Laserniveau ⁴I_{13/2} relaxieren. Alternativ ist unter Verwendung einer Pumpe bei 1480 nm ein direktes Pumpen innerhalb des Bandes des Niveaus ⁴I_{13/2} möglich. Das Pumpen bei 980 nm hat mehrere Vorteile. Das Pumpen innerhalb des Bandes, wie bei 1480 nm, verursacht ein Verstärkerrauschen und verschlechtert deshalb die Verstärkerleistung. Außerdem macht das Pumpen innerhalb des Bandes den Teil kurzer Wellenlängen des Emissionsspektrums für die Verstärkung unverfügbar. Um jedoch das Pumpen bei 980 nm zu nutzen, muss der nichtstrahlende Übergang ⁴I_{11/2}–⁴I_{13/2} sehr schnell sein, d.h. die Lebensdauer des Niveaus ⁴I_{11/2} muss im Vergleich zur Pumprate kurz sein. Dies ist aus zwei Gründen wichtig. Zuerst ist es, um eine Populationsumkehr zwischen den Laserniveaus aufrechtzuerhalten, für das obere Laserniveau ⁴I_{13/2} notwendig, schnell wieder besetzt zu werden. In Zuständen eines hohen Pumpens und hoher Verstärkung kann der Zustand ⁴I_{11/2} eine Population sammeln, was einen Flaschenhals erzeugt und eine Verstärkungssättigung verursacht. Wenn die Lebensdauer des Niveaus ⁴I_{11/2} kurz ist, wird dieses Problem stark reduziert. Zweitens reduziert das Vorhandensein einer Pump-ESA (Anregungszustandsabsorption) aus dem Niveau ⁴I_{11/2} die Pumpleistung. Die ESA hängt von der Lebensdauer des oberen Niveaus ab; wenn die Lebensdauer sehr kurz ist, wird ESA vernachlässigbar. Die Lebensdauer des Niveaus ⁴I_{11/2} wird durch die Phononenenergie des Wirtsglases bestimmt: je höher die Phononenenergie ist, umso kürzer ist die Lebensdauer in einer grob exponentiellen Be-

ziehung. In Gläsern mit hoher Phononenenergie, wie beispielsweise Quarz, ist das Pumpschema bei 980 nm sehr effizient. In Gläsern mit niedriger Phononenenergie, wie beispielsweise ZBLAN, kann das Pumpen bei 980 nm wegen der langen Lebensdauer des Niveaus $^4I_{11/2}$ nicht benutzt werden, und stattdessen muss das Pumpschema bei 1480 nm eingesetzt werden. In der vorliegenden Erfindung behalten die modifizierten Quarzgläser die hohe Phononenenergie der Quarzfamilie. Die Schwermetalloxid- und die Fluoraluminat-Gläser haben niedrigere Phononenenergien als Quarz, aber höhere als ZBLAN; und die Lebensdauer des Niveaus $^4I_{11/2}$ ist kurz genug, um ein Pumpen bei 980 nm zu erlauben.

[0027] Der Emissionsquerschnitt und das Profil des Übergangs $^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ werden stark durch das Wirtsglas beeinflusst, wie in „Rare Earth doped Fibre Lasers and Amplifiers,“ bei MJF Dignonnet, Marcel Dekker, 1993, offenbart. Es gibt zwei unabhängige Haupteffekte. Der Wert des Emissionsquerschnitts wird mit dem Brechungsindex des Grundkristalls größer. Diese Vergrößerung reflektiert die Beziehung zwischen der Oszillatorstärke und dem Grundkristallfeld, wie es durch den Brechungsindex der Glasmasse dargestellt wird. Der zweite Effekt modifiziert das Emissionsprofil und entsteht aus der örtlichen Ligandenfeldumgebung der Dotierstoffionen. Der verstärkende Übergang findet zwischen zwei Energieniveauverteilungen bestehend aus mehreren Stark-Unterniveaus (4 Unterniveaus in $^4I_{13/2}$ und 5 Unterniveaus in $^4I_{15/2}$) statt. Die Emissions- und Verstärkungsprofile kombinieren die Verteilungen aller Übergänge zwischen den Unterniveaus. Die Profile werden durch die Stark-Aufspaltung der zwei Niveaus und die Oszillatorstärken der einzelnen Übergänge bestimmt. Sowohl die Stark-Aufspaltungen als auch die Oszillatorstärken werden stark durch das Ligandenfeld der Ionenumgebung beeinflusst. Das Ligandenfeld ist das lokale elektromagnetische Feld, wie es das Dotierstoffion erfährt, und wie es durch die Symmetrie und die chemische Natur des Wirtsmaterials bestimmt wird. Die Emissions- und Verstärkungsprofile eines Er^{3+} -Ions hängen deshalb von dem Ligandenfeld an der Ionenstelle ab. Asymmetrische ionische Ligandenfelder erzeugen besonders starke Erweiterungseffekte. Falls das Wirtsglas eine Vielfältigkeit verschiedener Dotierstoffstellen mit unterschiedlichen Ligandenfeldern bietet, werden die Ionen an diesen Stellen etwas unterschiedliche Spektren emittieren. Die gesamte Er^{3+} -Emission in den Gläsern gemäß der Erfindung kombiniert die Verteilungen aller Ionen von verschiedenen Stellen und erzeugt deshalb ein breiteres, glatteres Emissionsprofil. Die Rolle der Netzmodifikatoren in den mit Erbium dotierten Gläsern gemäß der Erfindung ist das Aufbrechen des gleichförmigen Wirtsglasnetzes und das Erzeugen zahlreicher unterschiedlicher Stellen für den Er^{3+} -Dotierstoff. Die Netzmodifikatoren werden so ausgewählt, um zwei Ziele zu erreichen. Schwermetalloxide/Fluoride werden eingesetzt, um den Brechungsindex zu erhöhen, wodurch der Emissionsquerschnitt vergrößert wird. Alle Netzmodifikatoren sind konstruiert, um neue Ionenstellen mit starker Bindung für den Erbium-Dotierstoff vorzusehen. Die Ionenbindung steht mit der Ionizität der Ligandenfelder und deshalb mit einem breiteren Emissionsspektrum in Zusammenhang. Außerdem führt eine starke Ionenbindung zu einer vergrößerten Löslichkeit, was dadurch höhere Erbium-Dotierniveaus erlaubt. Die mit Erbium dotierten optischen Gläser der Erfindung sehen eine Vielfältigkeit von verschiedenen Erbium-Dotierstellen vor. Die Erbium-Ionen dieser Stellen erfahren verschiedene Ligandenfelder und emittieren so etwas unterschiedliche Spektren. Das gesamte Er^{3+} -Emissionsspektrum in diesen Gläsern wird eine Kombination von Verteilungen von allen Er^{3+} -Ionen von verschiedenen Stellen sein und wird deshalb ein breites, glattes Emissionsprofil erzeugen.

[0028] [Fig. 2](#) zeigt Emissionsquerschnittsspektren von Erbium in mehreren Gläsern. Modifiziertes Quarz (MS) –, Schwermetalloxid (HMO) – und Fluoraluminat (ALF) – Gläser sind durch durchgezogene Linien gezeigt. Die gestrichelten Linien stellen die Benchmark-Industriegläser dar. Obwohl sich das Emissionsspektrum deutlich von dem Verstärkungsprofil unterscheidet, verursachen Breitbandemissionsspektren eine große Verstärkungsbandbreite. Ein höherer Emissionsquerschnitt reduziert die Verstärkungsschwelle und macht das Erreichen einer Breitbandverstärkung einfacher.

[0029] Tabelle 1 zeigt einige mit Erbium dotierte HMO-Glaszusammensetzungen der Erfindung; Tabelle 2 gibt Erbium-Lebensdauern, Emissionsquerschnitte und das Gütegradprodukt in diesen Gläsern an. Das Fluorzirkonat-ZBLAN-Glas ist zum Vergleich enthalten. Ebenso ist ein Tellurit-Glas enthalten, das von NTT entwickelt wurde, wie in A. Mori et al., OFC 1997, Paper PD1-1, offenbart.

[0030] Alle Gläser wurden aus kommerziellen hochreinen Pulvern präpariert und wurden unter Reinheitsbedingungen in Platin-Tiegeln geschmolzen. Modifizierte Quarzgläser wurden bei 1150–1350°C geschmolzen und wurden in dem Tiegel bei 400°C vergütet. HMO-Gläser wurden bei 650–750°C geschmolzen und wurden in dem Tiegel bei 200–250°C vergütet.

[0031] Fluoraluminat-Gläser wurden bei 950–1000°C unter trockener Stickstoffatmosphäre geschmolzen und wurden in vorgeheizte Formen bei 280–330°C gegossen. Die Schmeltemperatur und -dauer sind derart, dass sie eine durchgehende Homogenisierung des Glases erlauben, während sie Verluste durch Verflüchtigung vermeiden. Die Vergütungsstufe ist konstruiert, um Abschreckspannungen zu entfernen und ein Glasbrechen zu

verhindern. Hochreine Rohmaterialien sind erforderlich, um Verunreinigungen von OH^- und Übergangsmetallen in dem erzeugten Glas zu vermeiden.

Tabelle 1: Einige Zusammensetzungsbeispiele von mit Er^{3+} dotierten HMO-Gläsern.

Glas	Zusammensetzung
ONO1	$50\text{GeO}_2 : 20\text{PbO} : 14\text{Ga}_2\text{O}_3 : 15\text{Bi}_2\text{O}_3 : 1\text{Er}_2\text{O}_3$
TNO1	$42\text{GeO}_2 : 10\text{TeO}_2 : 20\text{PbO} : 12\text{Ga}_2\text{O}_3 : 15\text{Bi}_2\text{O}_3 : 1\text{Er}_2\text{O}_3$
TNO4	$80\text{TeO}_2 : 19\text{Na}_2\text{O} : 1\text{Er}_2\text{O}_3$
TNO541	$79\text{TeO}_2 : 10\text{Na}_2\text{O} : 9\text{ZnO} : 2\text{Er}_2\text{O}_3$
FI	$80,5\text{TeO}_2 : 10\text{Na}_2\text{O} : 9\text{BaF}_2 : 0,5\text{Er}_2\text{O}_3$
CI	$80,5\text{TeO}_2 : 10\text{Na}_2\text{O} : 9\text{BaCl}_2 : 0,5\text{Er}_2\text{O}_3$
L3	$75\text{TeO}_2 : 15\text{Li}_2\text{O} : 9\text{ZnO} : 1\text{Er}_2\text{O}_3$
K2	$75\text{TeO}_2 : 15\text{K}_2\text{O} : 9\text{ZnO} : 1\text{Er}_2\text{O}_3$
GNO3	$70\text{GeO}_2 : 10\text{PbO} : 9\text{Ga}_2\text{O}_3 : 10\text{Bi}_2\text{O}_3 : 1\text{Er}_2\text{O}_3$

Tabelle 2: Spektroskopische Parameter von Er^{3+} in einigen der in Tabelle 1 aufgelisteten HMO-Gläser; die Daten für ZBLAN sind zum Vergleich enthalten. Die Fluoreszenzlebensdauer τ , der Emissionsquerschnitt σ , der Gütegrad $\tau \times \sigma$ und die Peak-Halbwertsbreite (FWHM) der Emission.

Glas	τ (ms)	$\sigma \times 10^{-21}$ (cm^2)	$\tau \times \sigma \times 10^{-24}$ (cm^2s)	FWHM (nm)
ONO1	3,9	8,6	34	72
TNO1	3,1	8,8	27	82
TNO4	3,7	8,7	32	90
TNO541	2,0	10	20	120
NTT-Tellurit	4	6,6	26	60
ZBLAN	10	5	50	70

Patentansprüche

1. Mit Erbium dotiertes optisches Tellurit- oder Germanat-Glas, mit
 - a) einem Wirtsglas mit GeO_2 oder TeO_2 ;
 - b) einer effektiven Menge eines Erbium-Dotierstoffes;
 - c) einem das Netz modifizierenden Metalloxid, das wenigstens eines enthält, das ausgewählt ist aus der Gruppe BaO , Bi_2O_3 , PbO , ZnO , Ga_2O_3 , La_2O_3 , Li_2O , BiO , Nb_2O_5 , WO_3 , Ta_2O_5 , V_2O_5 und Mischungen davon;
 - d) wenigstens einem von Na_2O und K_2O und Mischungen davon;
 - e) einem Metallhalogenid, das ausgewählt ist aus der Gruppe mit BaCl_2 , PbCl_2 , PbF_3 , LaF_3 , ZnF_2 , BaF_2 , NaCl , LiF und Mischungen davon;
 - f) weiteren Bestandteilen, wobei die Mengen von (a), (b), (c), (d), (e) und (f) insgesamt 100% ergeben.
2. Mit Erbium dotiertes optisches Tellurit- oder Germanat-Glas nach Anspruch 1, bei welchem die Konzentration des GeO_2 oder TeO_2 im Bereich von 50 bis 80 Mol-%, bevorzugter 70 bis 80 Mol-% liegt.
3. Mit Erbium dotiertes optisches Tellurit- oder Germanat-Glas nach Anspruch 1, bei welchem die Konzentration des Metallhalogenids im Bereich von Spuren bis 20 Mol-% liegt.

4. Mit Erbium dotiertes optisches Tellurit- oder Germanat-Glas nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem die Konzentration des Erbium im Bereich von 0,01 bis 5 Mol-% liegt.

5. Mit Erbium dotiertes optisches Tellurit- oder Germanat-Glas nach Anspruch 1, bei welchem das optische Glas einen Emissionsquerschnitt größer als $7 \times 10^{-21} \text{ cm}^2$ bei einer Wellenlänge von 1530 nm besitzt, bevorzugt größer als $8 \times 10^{-21} \text{ cm}^2$ bei einer Wellenlänge von 1530 nm.

6. Mit Erbium dotiertes optisches Tellurit- oder Germanat-Glas nach Anspruch 1, bei welchem das optische Glas eine Emissionsspitze im Emissionsquerschnitt im Bereich von 1450 bis 1650 nm besitzt, wobei die Emissionsspitze eine Peak-Halbwertsbreite von wenigstens 60 nm, bevorzugt wenigstens 70 nm, bevorzugter wenigstens 80 nm, bevorzugter wenigstens 90 nm aufweist.

7. Mit Erbium dotiertes optisches Tellurit- oder Germanat-Glas nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das optische Glas einen Brechungsindex von wenigstens 1,7, bevorzugt wenigstens 1,8 bei der Natriumlinie von 589 nm aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

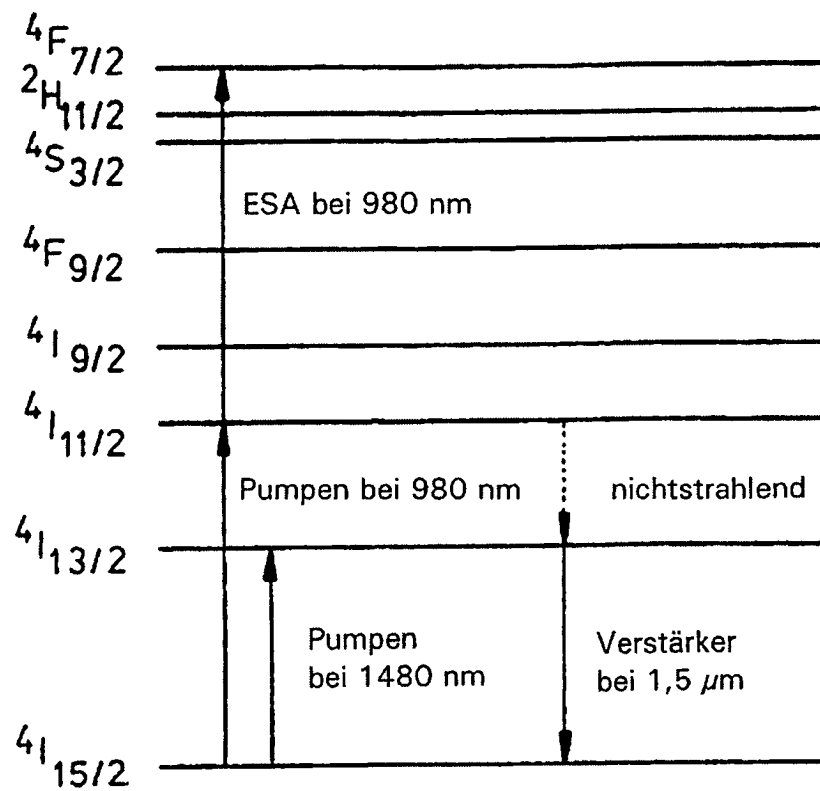
Energieniveau-Teildiagramm von Er^{3+}

FIG. 1

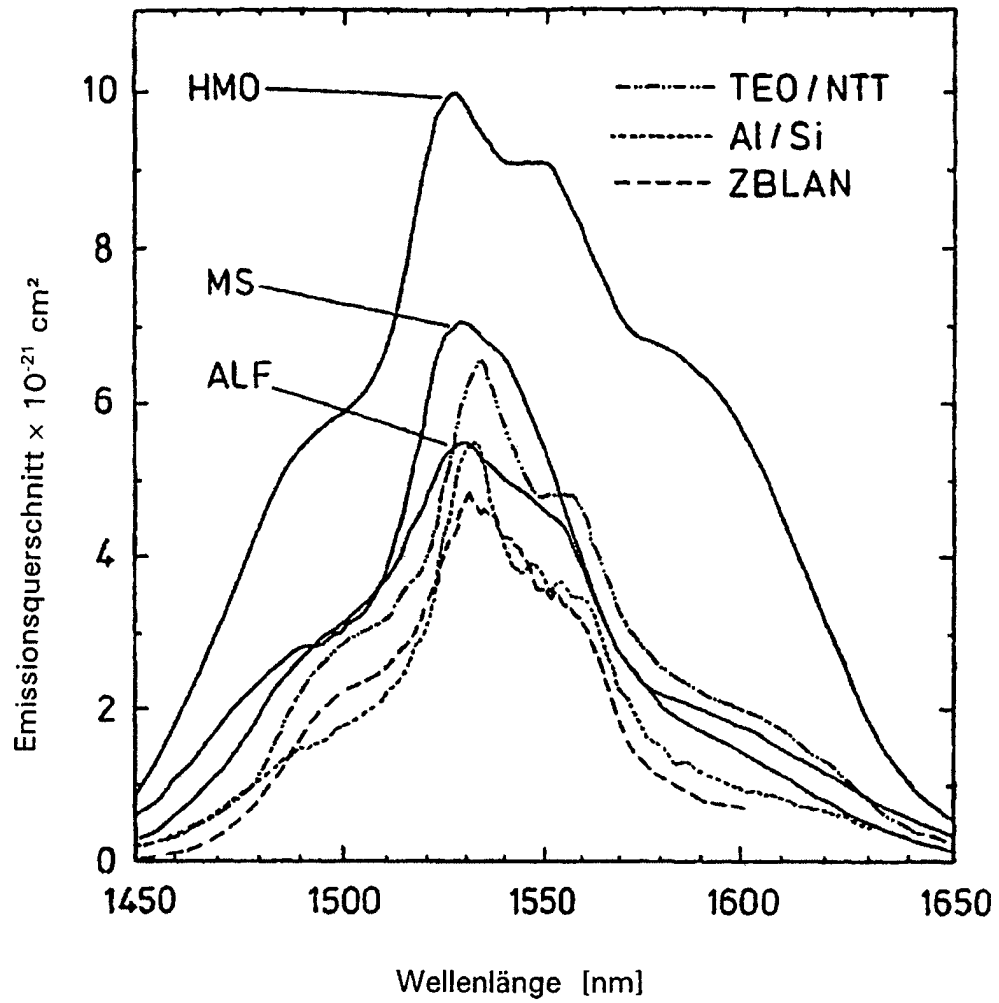


FIG. 2